

## RANCANG BANGUN ALAT UKUR RESISTIVITAS PADA LAPISAN TIPIS MENGGUNAKAN METODE 4 *PROBE* BERBASIS ATMega8535 DENGAN TAMPILAN LCD KARAKTER 2 X 16

Juwita Safitri, Meqorry Yusfi, Astuti

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

e-mail: [juwitasafitri026@gmail.com](mailto:juwitasafitri026@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun alat ukur resistansi lapisan tipis yang dapat mengukur resistansi suatu bahan berukuran sangat kecil dan sangat tipis. Sistem pengukuran nilai resistansi menggunakan metode 4 *probe*. Lapisan tipis diuji dengan pemberian variasi arus. Empat buah *probe* diletakkan diatas permukaan lapisan tipis. Dua buah *probe* diletakkan di luar untuk memberikan arus masukan dan dua *probe* diletakkan di dalam untuk menghasilkan tegangan keluaran pada lapisan tipis. Hasil keluaran dari metode 4 *probe* adalah berupa nilai tegangan dalam orde mV. Penguat instrumentasi digunakan untuk memperkuat nilai tegangan tersebut dengan penguatan sebesar 1000 kali dan diproses dengan mikrokontroler ATMega8535. Pemroses kerja mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *Bascom* dengan nilai yang diperoleh dari data ADC. Pengukuran nilai resistansi dilakukan pada beberapa lapisan tipis yaitu lapisan  $\text{TiO}_2$  cair dan lapisan  $\text{TiO}_2$  serbuk.

Kata kunci : metode 4 *probe*, ATMega8535, resistansi, penguat instrumentasi

### ABSTRACT

*Already design the instrument measuring of thin film resistance which can measure the resistance of a very small and thin material. The value of measurement system is four probes method. A thin layer was tested by given the current variation. Four probes were placed on the surface of thin layer. Two probes were placed outside thin layer to provide the input current and two probes were placed inside to produce the output voltage of thin layer. The output from the four probe method is a voltage value in mV range. Instrumentation gained were used is an instrumentation amplifier gain for amplify the voltage value with 1000 times of gain and processed by a ATMega8535 microcontroller. Microcontroller process works by using Bascom programming with the values from the ADC result. Value of resistance measurement performed on several thin layers, like  $\text{TiO}_2$  liquid layer and  $\text{TiO}_2$  powder layer.*

*Keywords : 4 probe method , ATMega8535 , resistance , instrumentation amplifier*

## I. PENDAHULUAN

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang sangat tipis dari bahan (organik, inorganik logam maupun campuran logam organik) yang memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor maupun insulator. Lapisan tipis berguna untuk pembuatan piranti elektronik seperti kapasitor, transistor, dioda, sel surya silikon amorf dan lain-lain. Lapisan tipis memiliki sifat listrik bahan, yaitu konduktivitas dan resistivitas (Gutierrez, dkk., 2002).

Konduktivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Resistivitas atau resistansi bahan adalah kecenderungan bahan untuk menghambat aliran arus listrik, yang berguna untuk menentukan sifat ohmik dan non ohmik dari suatu bahan. Sifat ohmik adalah dimana bahan dapat menghantarkan arus listrik dan non ohmik adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik (Malvino, 1985). Melihat perbedaan yang dimiliki ini, maka dalam penggunaannya pun harus disesuaikan dengan kebutuhan apakah lapisan tipis yang akan digunakan bersifat ohmik atau nonohmik dengan melihat nilai resistansi dari lapisan tipis tersebut.

Perkembangan teknologi yang sangat pesat, perusahaan-perusahaan seperti Jandel Engineering telah memproduksi alat ukur resistansi yang dilengkapi dengan empat *probe* (FFP) dan sistem *interfacing* komputer sehingga hasil pengukuran dapat ditampilkan pada monitor, juga data yang diperoleh dapat disimpan. Alat ini mempunyai harga yang ditawarkan relatif tinggi.

Penelitian terus dikembangkan sehingga diproduksi suatu alat yang disebut dengan multimeter yang dapat digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus dan melakukan pengukuran terhadap nilai resistansi suatu bahan. Multimeter banyak dipakai kalangan masyarakat dan para pelajar, karena memiliki harga yang relatif murah dan *fleksible* untuk digunakan. Tetapi, multimeter memiliki kelemahan yaitu dapat membaca resistansi parasit (tidak diinginkan) yang timbul saat pengukuran menggunakan 2 *probe*.

Pengukuran resistansi menggunakan metode 4 *probe* pertama kali dilakukan oleh Weibel (1916) untuk mengukur resistivitas pada bumi. Tahun 1954, Valdes menggunakan metode tersebut untuk mengukur resistivitas pada lapisan semikonduktor.

Rancang bangun alat ukur nilai resistansi mulai lebih spesifik dilakukan. Perancangan telah dilakukan oleh Wahyudiyanto (2010), dan melakukan rancang bangun alat ukur resistansi substrat tanah menggunakan *probe* sebanyak empat buah dan mikrokontroler Atmega32 dengan tampilan LCD. Prosedur pengukuran dilakukan dengan pengukuran yang menggunakan 2 pasang *probe* terpisah untuk mengukur arus dan tegangan dimana membuat pengukuran lebih akurat pada substrat tanah.

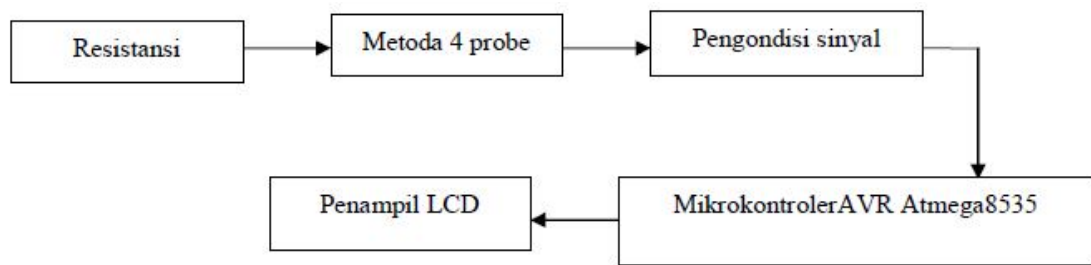
Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, maka telah dibuat suatu penelitian untuk membuat suatu alat ukur resistansi lapisan tipis yang dapat mengukur resistansi suatu bahan yang berukuran sangat kecil dan sangat tipis, tentunya dengan harga yang relatif murah dan *fleksible* untuk digunakan dan mampu menghilangkan nilai resistansi parasit sehingga hasil pengukuran nilai resistansi lapisan tipis yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang komparatif. Rancang bangun sistem pengukur resistivitas metode *four point probe* berbasis Soc Log112 dan C8051f006 juga dilakukan oleh Ekawita (2009), sehingga telah dibuat penelitian untuk memodifikasinya menjadi alat ukur terhadap nilai resistansi lapisan tipis. Alat ukur FPP atau lebih dikenal dengan alat ukur resistansi dengan metode 4 *probe* yang akan dirancang mampu mengukur resistansi pada lapisan tipis. Penguat instrumentasi berguna untuk menghilangkan noise yang muncul pada saat pengukuran. Pengembangan dari peneliti sebelumnya adalah alat ukur yang telah dirancang mampu menghilangkan resistansi parasit yang timbul pada alat ukur resistansi sebelumnya yaitu alat ukur resistansi dengan metode 2 *probe* dan komponen penyusun alat ini relatif murah dan mudah untuk ditemukan.

Alat ukur FPP adalah salah satu jenis alat yang biasa digunakan untuk mengukur nilai resistansi suatu lapisan bahan semikonduktor seperti Silikon (Si), Germanium (Ge), Gallium Arsenida (GaAs), juga bahan logam dalam bentuk *thin film* (lapisan tipis) yang dipergunakan dalam pembuatan piranti elektronika. Pengukuran resistansi pada lapisan tipis menggunakan metoda 4 *probe* dan mikrokontroler Atmega8535 dengan tampilan LCD, alat ukur ini didasarkan pada 4 buah *probe* dimana dengan 2 buah *probe* berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dan 2 *probe* yang lain untuk mengukur tegangan listrik sewaktu *probe-probe* tersebut dikenakan pada bahan yang dijadikan sampel. Untuk menentukan serta mengkaji sifat-sifat bahan tersebut dapat dilakukan dengan menentukan nilai resistansi untuk suatu luasan dan ketebalan tertentu.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Perancangan Diagram Blok

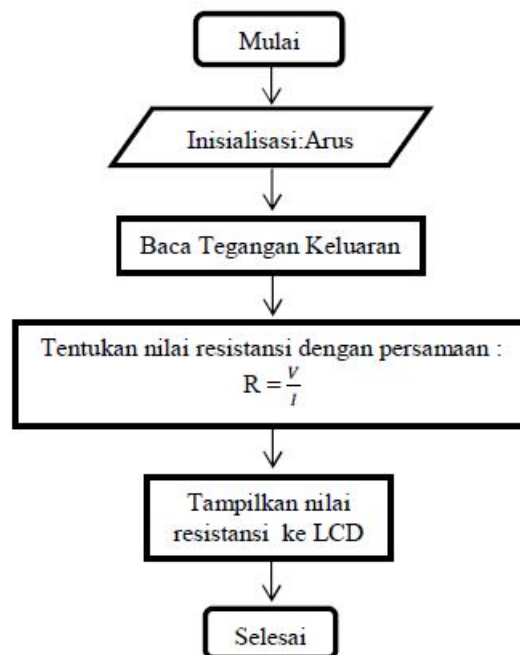
Secara keseluruhan, diagram blok perancangan perangkat keras yang dibangun/dibuat dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1. Pada Gambar 1 dapat dilihat besaran fisis berupa arus akan diindera oleh metoda 4 *probe*. Dimana keluaran metoda 4 *probe* ini berupa tegangan yang dihubungkan kerangkaian penguat instrumentasi yang kemudian diteruskan ke mikrokontroler ATmega8535. Selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler untuk mengubah tegangan keluaran menjadi besaran fisis resistansi yang ditampilkan ke LCD.



Gambar 1 Diagram blok sistem pengukuran resistansi pada lapisan tipis

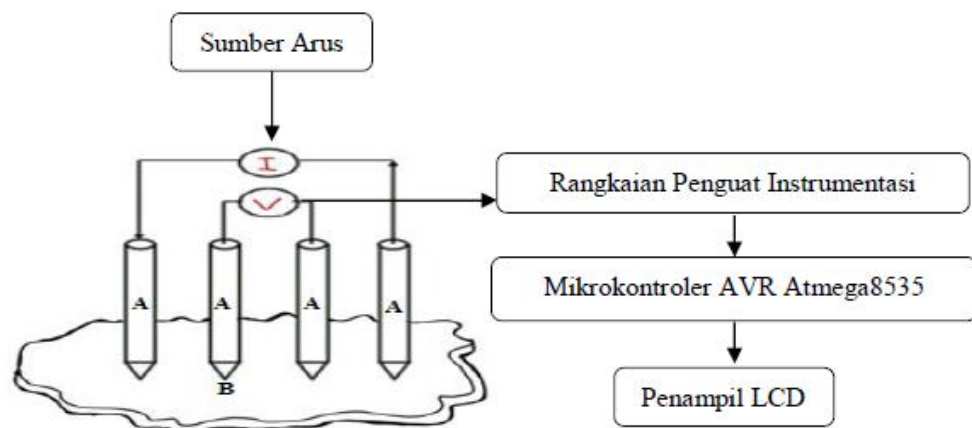
## 2.2 Perancangan Program Mikrokontroler

Perancangan perangkat lunak *software* Basic Compiler (BASCOS) AVR untuk mengatur sistem kerja dari perangkat-keras yang akan menjalankan rancang-bangun alat ukur resistansi pada bahan. Diagram alir program tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir program mikrokontroler

## 2.3 Perancangan Sistem Prototipe

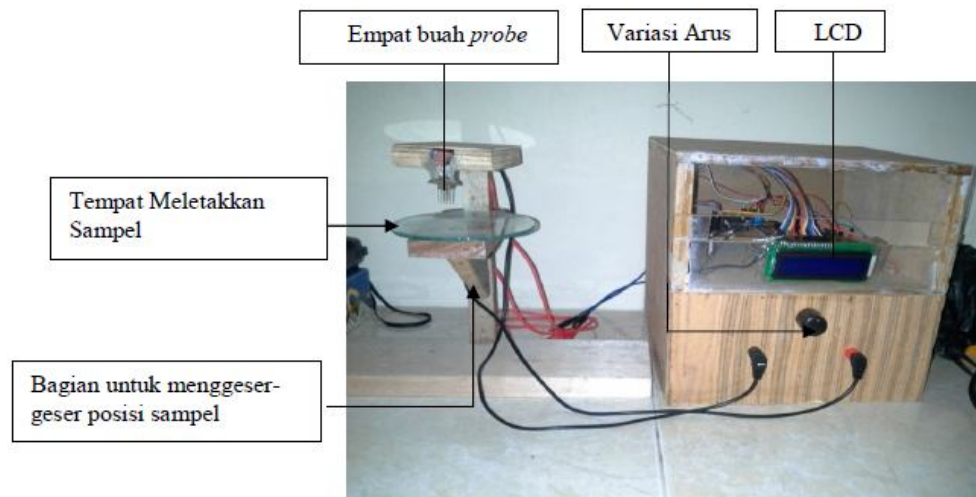


Gambar 3 Skematik sistem pengukuran resistansi lapisan tipis menggunakan metode 4 probe

Pada metode ini, sistem pengukuran dirancang sedemikian sehingga diharapkan dapat memecahkan masalah sebagaimana yang telah diuraikan pada Bab I (Pendahuluan). Setelah perancangan selesai, sistem tersebut kemudian dibangun atau dirakit dan diuji kinerjanya pada skematik sistem pengukuran dapat dilihat seperti pada Gambar 3 (keterangan gambar : A adalah probe dan B adalah wafer / bahan uji)

### III. HASIL DAN DISKUSI

Gambar sistem secara keseluruhan dengan dimensi 20 x 20 cm dapat dilihat pada gambar 4, Dimana empat buah *probe* diletakan diluar komponen dalam kotak dimana jarak antar *probe* adalah 0,4 cm.

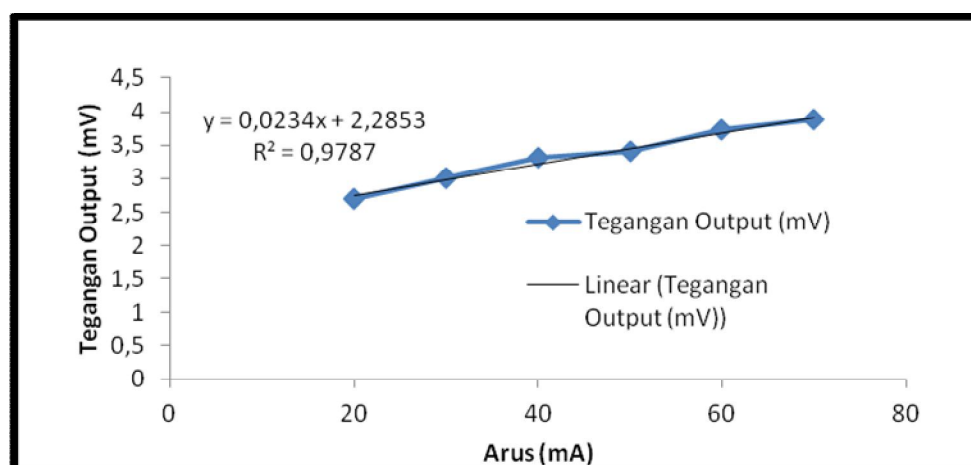


Gambar 4 Keseluruhan alat

#### 3.1 Pengujian Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ Tanpa Penguatan

##### 3.1.1 Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ Tanpa Penguatan

Pengujian tegangan keluaran yang dihasilkan pada metode empat *probe* dilakukan dengan variasi arus yang diberikan terhadap lapisan tipis. Pengujian tegangan keluaran metode empat *probe* tanpa penguatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  dengan metode empat *probe* tanpa penguatan

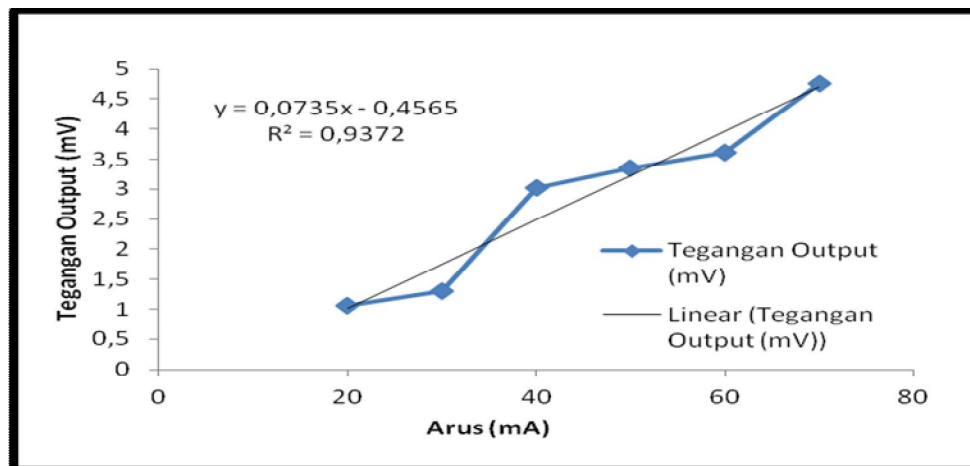
Grafik pada Gambar 5, memperlihatkan tegangan keluaran metode empat *probe* linear terhadap perubahan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis, dengan menggunakan pendekatan garis *linear* dan didapatkan hubungan antara tegangan keluaran dengan arus dalam bentuk

persamaan  $V_{out} = 0,023I + 2,285$ . Dengan  $I$  adalah arus dan  $V_{out}$  adalah keluaran tegangan dalam metode empat *probe*.

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa kenaikan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis *linear* dengan tegangan keluaran metode empat *probe*. Tegangan *offset* yang dihasilkan adalah 2,285, koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan arus yang diberikan didapatkan  $R^2 = 0,978$ . Hasil ini berarti sudah mendekati nilai yang *linear*.

### 3.1.2 Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ 1 Hari (Lapisan Terbuat dari Larutan yang Didiamkan Selama 1 Hari) Tanpa Penguatan

Pengujian tegangan keluaran metode empat *probe* tanpa penguatan dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik pada Gambar 6, memperlihatkan tegangan keluaran metode empat *probe linear* terhadap perubahan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis, dengan menggunakan pendekatan garis *linear* dan didapatkan hubungan antara tegangan keluaran dengan arus dalam bentuk persamaan  $V_{out} = 0,073I - 0,456$ . Dengan  $I$  adalah arus dan  $V_{out}$  adalah keluaran tegangan dalam metode empat *probe*.

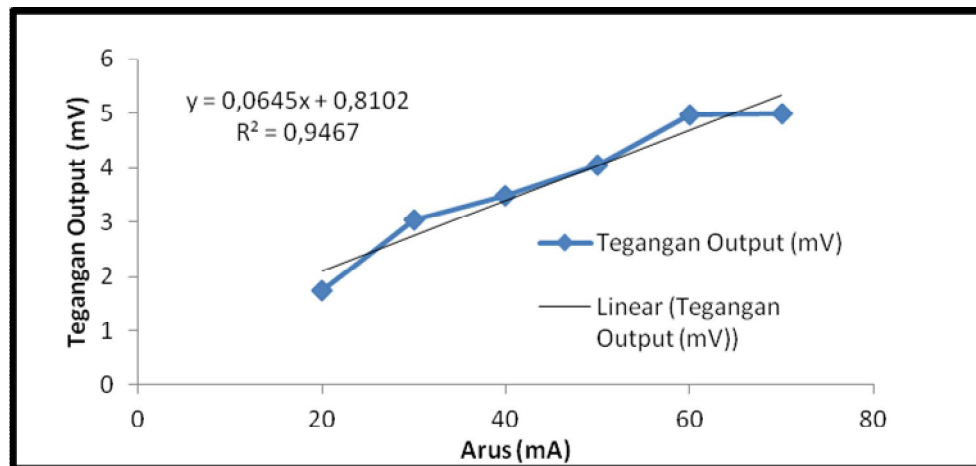


Gambar 6 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  1 hari didiamkan dengan metode empat *probe* tanpa penguatan

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa kenaikan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis *linear* dengan tegangan keluaran metode empat *probe*. Tegangan *offset* yang dihasilkan adalah 0,456, koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran arus yang diberikan didapatkan  $R^2 = 0,937$ . Dimana hasil yang didapatkan kurang mendekati nilai yang *linear*.

### 3.1.3 Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ 2 Hari (Lapisan Terbuat dari Larutan yang Didiamkan Selama 2 Hari) Tanpa Penguatan

Pengujian tegangan keluaran yang dihasilkan pada metode empat *probe* dilakukan dengan variasi arus yang diberikan terhadap lapisan tipis. Pengujian tegangan keluaran metode empat *probe* tanpa penguatan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  2 hari didiamkan dengan metode empat *probe* tanpa penguatan

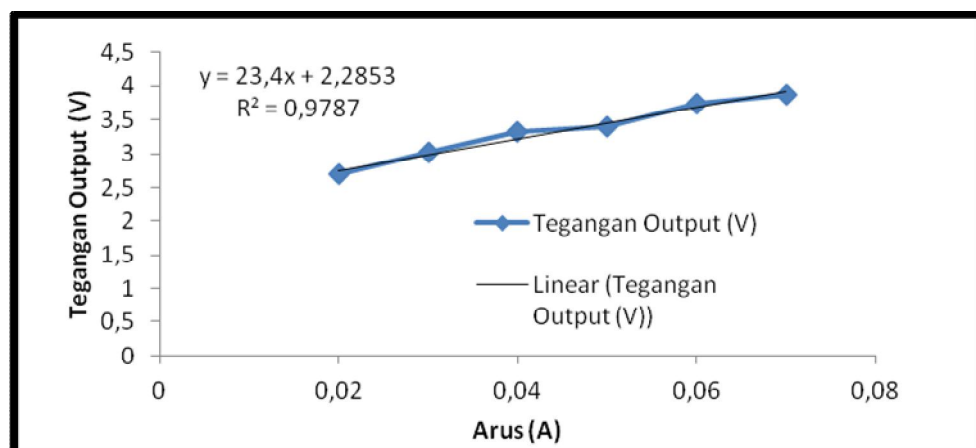
Grafik pada Gambar 7, memperlihatkan tegangan keluaran metode empat *probe linear* terhadap perubahan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis, dengan menggunakan pendekatan garis *linear* dan didapatkan hubungan antara tegangan keluaran dengan arus dalam bentuk persamaan  $V_{out} = 0,064I - 0,810$ . Dengan  $I$  adalah arus dan  $V_{out}$  adalah keluaran tegangan dalam metode empat *probe*.

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa kenaikan arus yang diberikan terhadap lapisan tipis *linear* dengan tegangan keluaran metode empat *probe*. Tegangan *offset* yang dihasilkan adalah 0,810, koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran arus yang diberikan didapatkan  $R^2 = 0,946$ . Dimana hasil yang didapatkan juga kurang mendekati nilai yang *linear*.

### 3.2 Pengujian Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ Dengan Penguatan

#### 3.2.1 Pengujian Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ Dengan Penguatan

Pengujian tegangan keluaran metode empat *probe* dengan penguatan ini yang diberikan adalah sebesar 1000 kali. Pengujian ini menggunakan variasi arus yang diberikan pada lapisan tipis dan memberikan hubungan *linear* antara arus dan tegangan keluaran setelah penguatan. Hasil pengujian tegangan keluaran setelah penguatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  dengan metode empat *probe* dengan penguatan

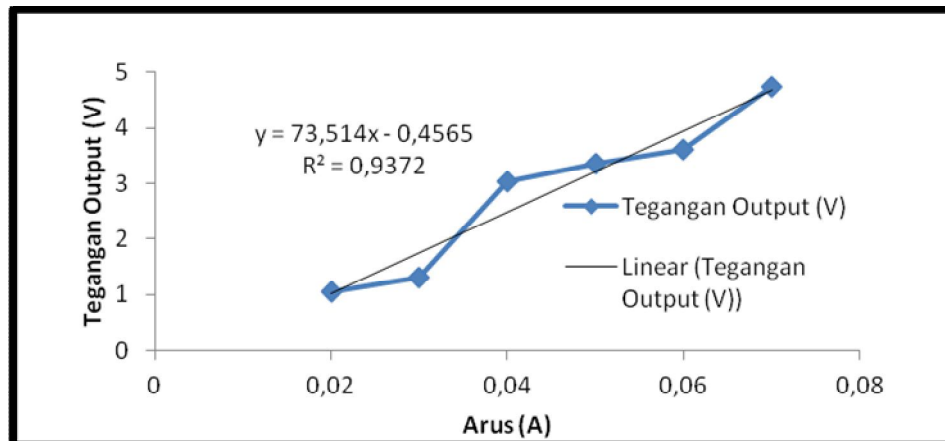
Pada grafik Gambar 8, terlihat bahwa keluaran tegangan metode empat *probe* setelah penguatan, sebanding dengan arus yang diberikan kepada lapisan tipis. Pendekatan garis *linear* didapatkan hubungan antara tegangan keluaran sensor setelah penguatan dan beban yang

diberikan dalam bentuk persamaan  $V_{out} = 23,4I - 2,285$ . Dengan  $I$  adalah beban dan  $V_{out}$  adalah tegangan keluaran sensor setelah penguatan.

Koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran setelah penguatan dengan arus didapatkan  $R^2 = 0,978$ . Hasil ini berarti sudah mendekati nilai yang *linear*.

### 3.2.2 Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ 1 Hari (Lapisan Terbuat dari Larutan yang Didiamkan Selama 1 Hari) Dengan Penguatan

Pengujian tegangan keluaran metode empat *probe* dengan penguatan yang diberikan sebesar 1000 kali. Hasil pengujian tegangan keluaran yang dihasilkan pada pengujian lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  hari setelah penguatan dapat dilihat pada Gambar 9.

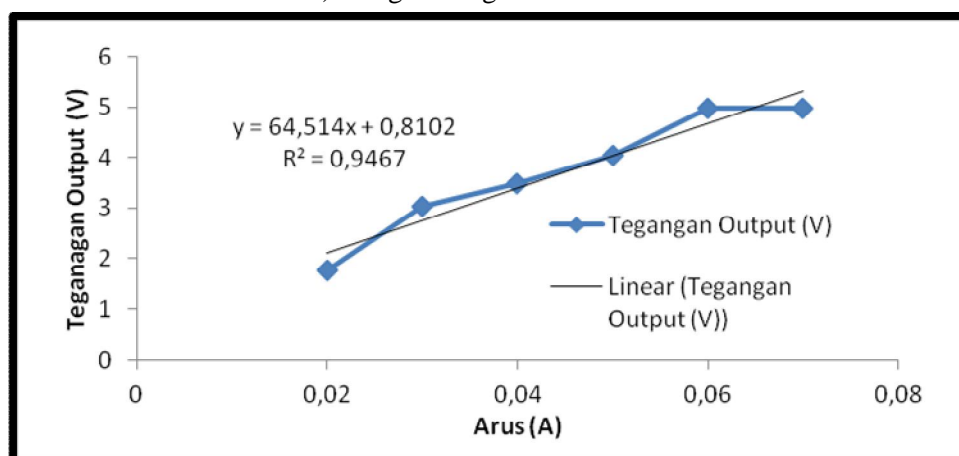


Gambar 9 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  1 hari didiamkan dengan metode empat *probe* dengan penguatan

Koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran setelah penguatan dengan arus didapatkan  $R^2 = 0,937$ . Diberikan dalam bentuk persamaan  $V_{out} = 73,51I - 0,456$ . Dengan  $I$  adalah beban dan  $V_{out}$  adalah tegangan keluaran sensor setelah penguatan.

Pada grafik Gambar 9 terlihat bahwa keluaran tegangan metode empat *probe* setelah penguatan sebanding dengan arus yang diberikan kepada lapisan tipis dengan menggunakan pendekatan garis *linear*. Namun, hasil yang didapatkan kurang mendekati nilai yang *linear*.

### 3.2.3 Pengujian Pada Lapisan Tipis $\text{TiO}_2$ 2 Hari (Lapisan Terbuat dari Larutan yang Didiamkan Selama 2 Hari) Dengan Penguatan



Gambar 10 Grafik tegangan keluaran lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  2 hari didiamkan dengan metode empat *probe* dengan penguatan



Pengujian tegangan keluaran metode empat probe dengan penguatan yang diberikan sebesar 1000 kali. Pengujian ini menggunakan variasi arus yang diberikan pada lapisan tipis dan memberikan hubungan *linear* antara arus dan tegangan keluaran setelah penguatan. Hasil pengujian tegangan keluaran setelah penguatan dapat dilihat pada Gambar 10.

Pada grafik Gambar 10 terlihat bahwa keluaran tegangan metode empat *probe* setelah penguatan sebanding dengan arus yang diberikan kepada lapisan tipis dengan menggunakan pendekatan garis *linear* didapatkan hubungan antara tegangan keluaran sensor setelah penguatan dan beban yang diberikan dalam bentuk persamaan  $V_{out} = 64,51I - 0,810$ . Dengan  $I$  adalah beban dan  $V_{out}$  adalah tegangan keluaran sensor setelah penguatan.

Koefisien determinasi dari hubungan antara tegangan keluaran setelah penguatan dengan arus didapatkan  $R^2 = 0,946$ . Namun, hasil yang didapatkan juga kurang mendekati nilai yang *linear*.

### 3.3 Pengujian Nilai Resistivitas pada Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> dengan Perbandingan Metode 2 Probe dan Metode 4 Probe

Pengujian nilai resistivitas yang didapatkan dari alat ukur menggunakan variasi arus yang diberikan pada lapisan tipis. Pengujian yang dilakukan dengan metode 2 *probe* adalah dengan menghubungkan ke lapisan tipis yang akan diuji dimana *probe* tersebut dialiri arus dan langsung bisa dibaca nilai resistivitasnya. Data nilai resistivitas dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Tabel nilai resistivitas Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>

No	Nama Lapisan Tipis	Resistivitas 4 probe (Ωm)	Resistivitas 2 probe (Ωm)
1.	Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub>	337,86	375,5
2.	Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub> (1 Hari)	380,5	339,25
3.	Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub> (2 Hari)	219,8	188,75

Pengujian resistivitas 2 *probe* menggunakan persamaan resistivitas dalam persamaan 1, dimana  $L$  adalah panjang antar semua *probe* yaitu 0,8 cm,  $A$  adalah luas penampang dari lapisan tipis yaitu 4 cm<sup>2</sup>. Pengukuran resistivitas menggunakan 4 *probe* memiliki kelebihan dibandingkan dengan 2 *probe* yaitu dapat mengukur resistivitas lapisan tipis yang memiliki orde lapisan yang sangat tipis, tanpa membutuhkan suatu bahan konduktor untuk mengalirnya arus.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Tabel 1 menunjukkan nilai resistivitas yang didapatkan memiliki kedekatan nilai yang cukup jauh antara nilai resistivitas yang didapatkan dengan metode 2 *probe* dan nilai resistansi dengan metode 4 *probe*.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data pada rancang bangun alat ukur resistivitas lapisan tipis menggunakan metode 4 *probe* berbahan tembaga berbasis mikrokontroler ATmega8535 dengan tampilan LCD dapat ditarik beberapa kesimpulan. Perancangan alat dapat menghilangkan resistansi parasit yang muncul pada saat pengukuran. Pengukuran dapat mengindera resistansi yang terjadi pada lapisan tipis dengan jarak antar *probe* adalah 0,4 cm. Perancangan program mikrokontroler ATmega8535 menggunakan bahasa pemrograman *Bascom* didapatkan nilai resistansi -793,7 dengan *offset* sebesar 75702 dari data ADC. Alat ukur yang telah dibuat dapat digunakan untuk berbagai macam lapisan tipis dengan pengujian variasi arus dari 20 mA sampai 70 mA.

## DAFTAR PUSTAKA

Ekawita, R., 2009, *Rancang Bangun Sistem Pengukur Metode Four Point Probe Berbasis SoC LOG112 Dan C8051F006*, Institut Teknologi Bandung, Bandung..



- Gutierrez, M. P., Li. H dan Patton. J., 2002, *Thin Film Surface Resistivity*.
- Malvino, A.P., 1985, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Jilid 1, Edisi Kelima,(diterjemahkan oleh: Prof. M. Barmawi, Ph.D.), Erlangga, Jakarta..
- Wahyudiyanto., 2010, *Rancang Bangun Alat Ukur Resistivitas Tanah Sebagai Alat Bantu Mengetahui Indikator Kulaitas Tanah Untuk Tanaman Padi*. ITS, Surabaya.
- Weibel, E; Silsbee, F.B dan Wenner, F., 1916, *A Method of Measuring Earth Resistivity*.